

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-242157

(43)Date of publication of application : 07.09.1999

(51)Int.Cl.

G02B 15/20

G02B 13/18

(21)Application number : 10-044810

(71)Applicant : MINOLTA CO LTD

(22)Date of filing : 26.02.1998

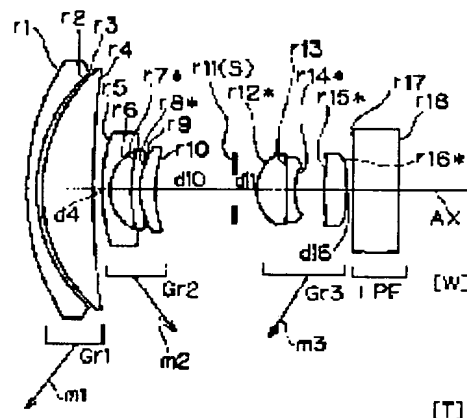
(72)Inventor : KONO TETSUO
ISONO MASAFUMI

(54) ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a compact, low-cost and high-variable power zoom lens which can obtain images of high image quality from an object at infinity to an object at a short distance.

SOLUTION: This zoom lens is composed of a first positive lens group Gr1, a second negative lens group Gr2, and a third positive lens group Gr3 which are arranged in order from the object side. At the time of varying the power from a wide angle end [W] to a telephoto end [T], lens groups are so moved that an interval d4 between first and second lens groups is extended and an interval d10+d11 between second and third lens groups is extended; and the second lens group Gr2 is moved at the time of focusing. An extent M1 of movement of the first lens group Gr1 from the wide angle end [W] to the telephoto end [T] with respect to the focal length of the entire lens system in the telephoto end [T] is prescribed by inequality $0.05 < M1/fT < 1.0$ (where fT is the focal length of the entire lens system in the telephoto end).



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 28.10.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-242157

(43)公開日 平成11年(1999) 9月7日

(51)Int.Cl.⁶

識別記号

F I

G 0 2 B 15/20
13/18

G 0 2 B 15/20
13/18

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願平10-44810

(22)出願日 平成10年(1998) 2月26日

(71)出願人 000006079

ミノルタ株式会社

大阪府大阪市中央区安土町二丁目3番13号

大阪国際ビル

(72)発明者 河野 哲生

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

(72)発明者 磯野 雅史

大阪市中央区安土町二丁目3番13号 大阪

国際ビル ミノルタ株式会社内

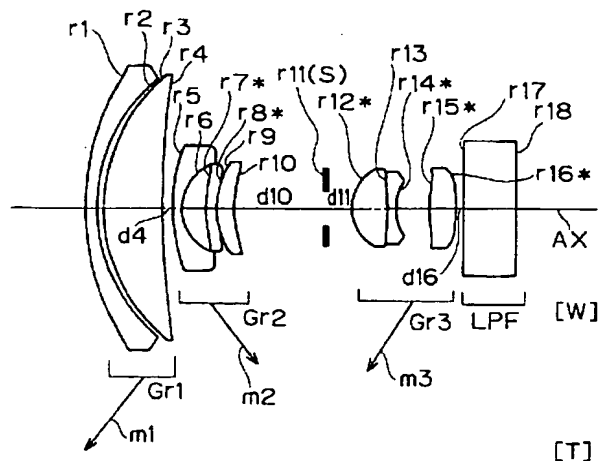
(74)代理人 弁理士 佐野 静夫

(54)【発明の名称】 ズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 無限遠被写体から近接被写体まで高画質の画像を得ることができる、コンパクト、低コスト、高変倍のズームレンズを提供する。

【解決手段】 物体側から順に、正の第1レンズ群(Gr1)、負の第2レンズ群(Gr2)、正の第3レンズ群(Gr3)で構成され、広角端[W]から望遠端[T]への変倍の際に、第1、第2レンズ群間隔(d4)が増大し、第2、第3レンズ群間隔(d10+d11)が減少するように各レンズ群が移動し、フォーカシングの際に第2レンズ群(Gr2)が移動するズームレンズにおいて、望遠端[T]での全系の焦点距離に対する、広角端[W]から望遠端[T]までの第1レンズ群(Gr1)の移動量を適切に規定した。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体側から順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群と、負のパワーを有する第 2 レンズ群と、正のパワーを有する第 3 レンズ群と、で構成され、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少するように、少なくとも第 1 レンズ群と第 3 レンズ群が移動し、フォーカシングの際に前記第 2 レンズ群が移動するズームレンズであって、以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$0.05 < M1 / fT < 1.0$$

ただし、

M1：広角端から望遠端までの第 1 レンズ群の移動量(物体側方向を正とする。)、

fT：望遠端での全系の焦点距離、である。

【請求項 2】 更に以下の条件式を満足することを特徴とする請求項 1 記載のズームレンズ；

$$0.1 < \beta \textcircled{3} / \beta \textcircled{2} < 1.5$$

ただし、

$$\beta \textcircled{2} = \beta 2T / \beta 2W$$

$$\beta \textcircled{3} = \beta 3T / \beta 3W$$

$\beta 2W$ ：広角端での第 2 レンズ群の横倍率、

$\beta 3W$ ：広角端での第 3 レンズ群の横倍率、

$\beta 2T$ ：望遠端での第 2 レンズ群の横倍率、

$\beta 3T$ ：望遠端での第 3 レンズ群の横倍率、

である。

【請求項 3】 物体側から順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群と、負のパワーを有する第 2 レンズ群と、正のパワーを有する第 3 レンズ群と、で構成され、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少するように、少なくとも第 1 レンズ群と第 3 レンズ群が移動し、フォーカシングの際に前記第 2 レンズ群が移動するズームレンズであって、以下の条件式を満足することを特徴とするズームレンズ；

$$0.1 < |\beta 2T| < 1.0$$

ただし、

$\beta 2T$ ：望遠端での第 2 レンズ群の横倍率、である。

【請求項 4】 前記第 1 レンズ群が少なくとも 1 枚の負レンズを含むことを特徴とする請求項 1 又は請求項 3 記載のズームレンズ。

【請求項 5】 物体側から順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群と、負のパワーを有する第 2 レンズ群と、正のパワーを有する第 3 レンズ群と、で構成され、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大し、前記第 2 レンズ群と前記

第 3 レンズ群との間隔が減少するように、少なくとも第 1 レンズ群と第 3 レンズ群が移動し、フォーカシングの際に前記第 2 レンズ群が移動するズームレンズであって、前記第 2 レンズ群に以下の条件式を満足する非球面を少なくとも 1 面有することを特徴とするズームレンズ；

$$0 < (x - x_0) / (N' - N) < 1.0$$

ただし、

x：非球面の光軸に対して垂直方向の高さでの光軸方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

x_0 ：基準球面の光軸に対して垂直方向の高さでの光軸方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

N：非球面より物体側の媒質の d 線に対する屈折率、

N'：非球面より像側の媒質の d 線に対する屈折率、である。

【請求項 6】 物体側から順に、正のパワーを有する第 1 レンズ群と、負のパワーを有する第 2 レンズ群と、正のパワーを有する第 3 レンズ群と、で構成され、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第 1 レンズ群と前記第 2 レンズ群との間隔が増大し、前記第 2 レンズ群と前記第 3 レンズ群との間隔が減少するように、少なくとも第 1 レンズ群と第 3 レンズ群が移動し、フォーカシングの際に前記第 2 レンズ群が移動するズームレンズであって、前記第 3 レンズ群に以下の条件式を満足する非球面を少なくとも 1 面有することを特徴とするズームレンズ；

$$-0.9 < (x - x_0) / (N' - N) < 0$$

ただし、

x：非球面の光軸に対して垂直方向の高さでの光軸方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

x_0 ：基準球面の光軸に対して垂直方向の高さでの光軸方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

N：非球面より物体側の媒質の d 線に対する屈折率、

N'：非球面より像側の媒質の d 線に対する屈折率、である。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ズームレンズに関するものであり、特にデジタルスチルカメラに適した、小型で高変倍のズームレンズに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、パーソナルコンピュータの普及に伴い、手軽に画像を取り込めるデジタルスチルカメラが普及しつつある。その普及とともに小型、低コスト、高スペックのデジタルスチルカメラが要望されており、撮影光学系にも小型化、低コスト化、高スペック化が求められている。また、デジタルスチルカメラにはより高い画質も求められている。デジタルスチルカメラによる画質は固体撮像素子の画素数によって一般に決まるが、現在主流になっているのは 33 万画素程度のいわゆる V G

Aクラスのものである。VGAクラスの画質は銀塩カメラの画質と比較すると格段に低いため、100万画素以上の画質が望まれている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかし、画素数が増加すると、それに伴って撮影光学系にも高い光学性能が求められ、当然、無限遠被写体だけでなく近接被写体に対しても高い光学性能が必要となる。このため、フォーカシング方式が光学性能上重要になる。

【0004】本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであって、無限遠被写体から近接被写体まで高画質の画像を得ることができる、コンパクト、低コスト、高変倍のズームレンズを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、第1の発明のズームレンズは、物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、で構成され、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少するように、少なくとも第1レンズ群と第3レンズ群が移動し、フォーカシングの際に前記第2レンズ群が移動するズームレンズであって、以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.05 < M1 / fT < 1.0$$

ただし、

M1：広角端から望遠端までの第1レンズ群の移動量(物体側方向を正とする。)、

fT：望遠端での全系の焦点距離、

である。

【0006】第2の発明のズームレンズは、上記第1の発明の構成において、更に以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.1 < \beta \textcircled{2} / \beta \textcircled{3} < 1.5$$

ただし、

$$\beta \textcircled{2} = \beta 2T / \beta 2W$$

$$\beta \textcircled{3} = \beta 3T / \beta 3W$$

$\beta 2W$ ：広角端での第2レンズ群の横倍率、

$\beta 3W$ ：広角端での第3レンズ群の横倍率、

$\beta 2T$ ：望遠端での第2レンズ群の横倍率、

$\beta 3T$ ：望遠端での第3レンズ群の横倍率、

である。

【0007】第3の発明のズームレンズは、物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、で構成され、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少するように、少なくとも第1レンズ群と第3レンズ

群が移動し、フォーカシングの際に前記第2レンズ群が移動するズームレンズであって、以下の条件式を満足することを特徴とする。

$$0.1 < |\beta 2T| < 1.0$$

ただし、

$\beta 2T$ ：望遠端での第2レンズ群の横倍率、

である。

【0008】第4の発明のズームレンズは、上記第1又は第3の発明の構成において、前記第1レンズ群が少なくとも1枚の負レンズを含むことを特徴とする。

【0009】第5の発明のズームレンズは、物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、で構成され、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少するように、少なくとも第1レンズ群と第3レンズ群が移動し、フォーカシングの際に前記第2レンズ群が移動するズームレンズであって、前記第2レンズ群に以下の条件式を満足する非球面を少なくとも1面有することを特徴とする。

$$0 < (x-x0) / (N' - N) < 1.0$$

ただし、

x：非球面の光軸に対して垂直方向の高さでの光軸方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

x0：基準球面の光軸に対して垂直方向の高さでの光軸方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

N：非球面より物体側の媒質のd線に対する屈折率、

N'：非球面より像側の媒質のd線に対する屈折率、

である。

【0010】第6の発明のズームレンズは、物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群と、負のパワーを有する第2レンズ群と、正のパワーを有する第3レンズ群と、で構成され、広角端から望遠端への変倍の際に、前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間隔が増大し、前記第2レンズ群と前記第3レンズ群との間隔が減少するように、少なくとも第1レンズ群と第3レンズ群が移動し、フォーカシングの際に前記第2レンズ群が移動するズームレンズであって、前記第3レンズ群に以下の条件式を満足する非球面を少なくとも1面有することを特徴とする。

$$-0.9 < (x-x0) / (N' - N) < 0$$

ただし、

x：非球面の光軸に対して垂直方向の高さでの光軸方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

x0：基準球面の光軸に対して垂直方向の高さでの光軸方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

N：非球面より物体側の媒質のd線に対する屈折率、

N'：非球面より像側の媒質のd線に対する屈折率、

である。

【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施したズームレンズを、図面を参照しつつ説明する。図1～図3は、第1～第3の実施の形態のズームレンズにそれぞれ対応するレンズ構成図であり、広角端[W]でのレンズ配置を示している。各レンズ構成図中の矢印mj ($j=1, 2, 3$)は、広角端[W]から望遠端[T]へのズーミングにおける第jレンズ群(Gr1)の移動をそれぞれ模式的に示している。また、各レンズ構成図中、 r_i ($i=1, 2, 3, \dots$)が付された面は物体(被写体)側から数えてi番目の面であり、 r_i に*印が付された面は非球面である。 d_i ($i=1, 2, 3, \dots$)が付された軸上面間隔は、物体側から数えてi番目の軸上面間隔のうち、ズーミングにおいて変化する可変間隔である。

【0012】第1～第3の実施の形態は、いずれも物体側から順に、正のパワーを有する第1レンズ群(Gr1)と、負のパワーを有する第2レンズ群(Gr2)と、絞り(S)と、正のパワーを有する第3レンズ群(Gr3)と、で構成され、広角端[W]から望遠端[T]への変倍の際に、絞り(S)が固定された状態で、第1レンズ群(Gr1)が像側から物体側へ単調に移動し、第2レンズ群(Gr2)が物体側から像側へ単調に移動し、第3レンズ群(Gr3)が像側から物体側へ単調に移動することによって、第1レンズ群(Gr1)と第2レンズ群(Gr2)との間隔が増大し、第2レンズ群(Gr2)と第3レンズ群(Gr3)との間隔が減少するズームレンズである。なお、第3レンズ群(Gr3)の像側に配置されている平行平板は、ローパスフィルター(LPF)である。

【0013】上記のようなズーム構成により、広角端[W]でレトロフォーカスタイプとなるためバックフォーカスの確保が容易となり、望遠端[T]でテレフォトタイプとなるため全長の短縮が容易となる。また、第1レンズ群(Gr1)を可動とすることにより、広角端[W]での入射瞳位置が第1レンズ群(Gr1)に近くなるため、前玉径の短縮を効果的に行うことが可能となる。

【0014】第1の実施の形態において、各レンズ群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1レンズ群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第2レンズ群(Gr2)は、物体側に凸の負メニスカスレンズ2枚と、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第3レンズ群(Gr3)は、両凸レンズ及び両凹レンズから成る接合レンズと、両凸レンズと、で構成されている。

【0015】第2の実施の形態において、各レンズ群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1レンズ群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズ及び物体側に凸の正メニスカスレンズから成る接合レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第2レンズ群(Gr2)は、物体側に凸の負メニスカ

スレンズと、両凹レンズ及び両凸レンズから成る接合レンズと、で構成されている。第3レンズ群(Gr3)は、物体側に凸の正メニスカスレンズ及び物体側に凸の負メニスカスレンズから成る接合レンズと、両凸レンズと、両凹レンズと、で構成されている。

【0016】第3の実施の形態において、各レンズ群は、物体側から順に以下のように構成されている。第1レンズ群(Gr1)は、物体側に凸の負メニスカスレンズ及び物体側に凸の正メニスカスレンズから成る接合レンズと、物体側に凸の正メニスカスレンズと、で構成されている。第2レンズ群(Gr2)は、物体側に凸の負メニスカスレンズと、両凹レンズ及び両凸レンズから成る接合レンズと、で構成されている。第3レンズ群(Gr3)は、物体側に凸の正メニスカスレンズ及び物体側に凸の負メニスカスレンズから成る接合レンズと、両凸レンズと、両凹レンズと、で構成されている。

【0017】上記各実施の形態のようなレンズタイプに採用されるフォーカシング方式としては、例えば、第1レンズ群(Gr1)の移動でフォーカシングを行う前玉繰り出し方式、第3レンズ群(Gr3)の移動でフォーカシングを行うインナー方式が挙げられる。前者のフォーカシング方式では、近接被写体に対するフォーカシングにおいて第1レンズ群(Gr1)が物体側に繰り出されるため、前玉径を大きくしないと周辺照度を確保することができない。後者のフォーカシング方式では、フォーカシングのための移動量が大きい望遠端[T]で第2レンズ群(Gr2)と第3レンズ群(Gr3)とが接近するにもかかわらず、第2、第3レンズ群間にフォーカシングのための間隔を確保することになるため、効率が悪くなる。

【0018】このような理由から上記各実施の形態では、第2レンズ群(Gr2)の移動でフォーカシングを行うインナー方式を採用している。具体的には、近接被写体へのフォーカシングの際に第2レンズ群(Gr2)が物体側へ移動するようにしている。このように第2レンズ群(Gr2)でフォーカシングを行うと、最もフォーカシングのための移動量が少なくなる広角端[W]で第1レンズ群(Gr1)と第2レンズ群(Gr2)とが接近するため、フォーカシングのための間隔確保の効率が非常に良いというメリットがある。

【0019】上記各実施の形態のように、正・負・正のレンズ群で構成され、広角端[W]から望遠端[T]への変倍の際に、第1、第2レンズ群(Gr1, Gr2)間隔が増大し、第2、第3レンズ群(Gr2, Gr3)間隔が減少するように、少なくとも第1、第3レンズ群(Gr1, Gr3)が移動し、フォーカシングの際に第2レンズ群(Gr2)が移動するタイプのズームレンズにおいては、次の条件式(1)を満足することが望ましい。

$$0.05 < M1 / fT < 1.0 \quad \cdots (1)$$

ただし、

M1: 広角端[W]から望遠端[T]までの第1レンズ群(Gr

1)の移動量(物体側方向を正とする。)、
fT: 望遠端[T]での全系の焦点距離、
である。

【0020】条件式(1)は変倍の際の第1レンズ群(Gr1)の望ましい移動量を規定している。条件式(1)の下限を超えることは、変倍の際に第1レンズ群(Gr1)がほぼ固定となることを意味する。したがって、条件式(1)の下限を超えると、広角端[W]での全長の増大を招くとともに、広角端[W]での周辺照度の確保のために前玉径の増大を招くことになる。逆に、条件式(1)の上限を超えると、第1レンズ群(Gr1)の移動量が大きくなり過ぎるため、望遠端[T]での全長の増大を招くとともに、望遠端[T]での周辺照度の確保のために前玉径の増大を招くことになる。

【0021】上記各実施の形態のように、正・負・正のレンズ群で構成され、広角端[W]から望遠端[T]への変倍の際に、第1、第2レンズ群(Gr1, Gr2)間隔が増大し、第2、第3レンズ群(Gr2, Gr3)間隔が減少するように、少なくとも第1、第3レンズ群(Gr1, Gr3)が移動し、フォーカシングの際に第2レンズ群(Gr2)が移動するタイプのズームレンズにおいては、次の条件式(2)を満足することが望ましく、また、前記条件式(1)も同時に満足することが更に望ましい。

$$0.1 < \beta \textcircled{3} / \beta \textcircled{2} < 1.5 \quad \cdots (2)$$

ただし、

$$\beta \textcircled{2} = \beta 2T / \beta 2W$$

$$\beta \textcircled{3} = \beta 3T / \beta 3W$$

$\beta 2W$: 広角端[W]での第2レンズ群(Gr2)の横倍率、

$\beta 3W$: 広角端[W]での第3レンズ群(Gr3)の横倍率、

$\beta 2T$: 望遠端[T]での第2レンズ群(Gr2)の横倍率、

$\beta 3T$: 望遠端[T]での第3レンズ群(Gr3)の横倍率、
である。

【0022】条件式(2)は、第2、第3レンズ群(Gr2, Gr3)の望ましい変倍負担を規定している。条件式(2)の下限を超えると、第2レンズ群(Gr2)の変倍負担が大きくなり過ぎるため、歪曲収差及び像面湾曲の補正が困難になる。逆に、条件式(2)の上限を超えると、第3レンズ群(Gr3)の変倍負担が大きくなり過ぎるため、球面収差の補正が困難になる。

【0023】上記各実施の形態のように、正・負・正のレンズ群で構成され、広角端[W]から望遠端[T]への変倍の際に、第1、第2レンズ群(Gr1, Gr2)間隔が増大し、第2、第3レンズ群(Gr2, Gr3)間隔が減少するように、少なくとも第1、第3レンズ群(Gr1, Gr3)が移動し、フォーカシングの際に第2レンズ群(Gr2)が移動するタイプのズームレンズにおいては、次の条件式(3)を満足することが望ましい。

$$0.1 < |\beta 2T| < 1.0 \quad \cdots (3)$$

ただし、

$\beta 2T$: 望遠端[T]での第2レンズ群(Gr2)の横倍率、

である。

【0024】条件式(3)は、望遠端[T]での第2レンズ群(Gr2)の望ましい横倍率を規定している。条件式(3)の下限を超えると、全長及び前玉径の増大を招くとともに、球面収差のオーバー傾向が著しくなる。逆に、条件式(3)の上限を超えると、球面収差のアンダー傾向が著しくなる。

【0025】上記各実施の形態のように、正・負・正のレンズ群で構成され、広角端[W]から望遠端[T]への変倍の際に、第1、第2レンズ群(Gr1, Gr2)間隔が増大し、第2、第3レンズ群(Gr2, Gr3)間隔が減少するように、少なくとも第1、第3レンズ群(Gr1, Gr3)が移動し、フォーカシングの際に第2レンズ群(Gr2)が移動するタイプのズームレンズにおいては、次の条件式(4)を満足することが望ましい。

$$0.03 < fW / f1 < 0.80 \quad \cdots (4)$$

ただし、

f1: 第1レンズ群(Gr1)の焦点距離、

fW: 広角端[W]での全系の焦点距離、
である。

【0026】条件式(4)は、全長と収差とをバランスさせる上で望ましい、第1レンズ群(Gr1)の焦点距離比を規定している。条件式(4)の下限を超えると、第1レンズ群(Gr1)の焦点距離が長くなって、第1レンズ群(Gr1)のパワーが弱くなり過ぎるため、収差補正には有利となるが、全長の増大を招き、また、全長の増大に伴って前玉径が増大して、光学系的大型化が著しくなる。逆に、条件式(4)の上限を超えると、第1レンズ群(Gr1)の焦点距離が短くなって、第1レンズ群(Gr1)のパワーが強くなり過ぎるため、全長の短縮には有利となるが、収差劣化(特に、望遠側の球面収差及び軸上色収差の劣化)が著しくなる。なお、条件式(4)の範囲内であっても、第1レンズ群(Gr1)に少なくとも1枚の負レンズを設ければ、軸上色収差を更に良好に補正することができる。

【0027】上記各実施の形態のように、正・負・正のレンズ群で構成され、広角端[W]から望遠端[T]への変倍の際に、第1、第2レンズ群(Gr1, Gr2)間隔が増大し、第2、第3レンズ群(Gr2, Gr3)間隔が減少するように、少なくとも第1、第3レンズ群(Gr1, Gr3)が移動し、フォーカシングの際に第2レンズ群(Gr2)が移動するタイプのズームレンズにおいては、次の条件式(5)を満足することが望ましい。

$$0.1 < fW / |f2| < 1.3 \quad \cdots (5)$$

ただし、

f2: 第2レンズ群(Gr2)の焦点距離、

である。

【0028】条件式(5)は、第2レンズ群(Gr2)の望ましい焦点距離比を規定している。条件式(5)の下限を超えると、第2レンズ群(Gr2)の焦点距離が長くなって、第2レンズ群(Gr2)のパワーが弱くなり過ぎるため、広角

端[W]での第2レンズ群(Gr2)と第3レンズ群(Gr3)との軸上間隔が大きくなる。このため、広角端[W]で入射瞳が遠くなり、前玉径の増大を招くことになる。逆に、条件式(5)の上限を超えると、第2レンズ群(Gr2)の焦点距離が短くなって、第2レンズ群(Gr2)のパワーが強くなり過ぎるため、第2レンズ群(Gr2)で発生する収差(特に、ペッツバル和)が負に過大に大きくなる。このため、全体で良好な光学性能を得ることができなくなる。

【0029】上記各実施の形態のように、正・負・正のレンズ群で構成され、広角端[W]から望遠端[T]への変倍の際に、第1、第2レンズ群(Gr1, Gr2)間隔が増大し、第2、第3レンズ群(Gr2, Gr3)間隔が減少するように、少なくとも第1、第3レンズ群(Gr1, Gr3)が移動し、フォーカシングの際に第2レンズ群(Gr2)が移動するタイプのズームレンズにおいては、更に良好な光学性能を得る上で非球面が有効である。例えば第2レンズ群(Gr2)には、以下の条件式(6)を満足する非球面を少なくとも1面設けることが望ましい。

$$0 < (x-x_0)/(N'-N) < 1.0 \quad \cdots (6)$$

ただし、

x：非球面の光軸(AX)に対して垂直方向の高さでの光軸(AX)方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

x0：基準球面の光軸(AX)に対して垂直方向の高さでの光軸(AX)方向の変位量(mm；物体側方向を負とする。)、

N：非球面より物体側の媒質のd線に対する屈折率、

N'：非球面より像側の媒質のd線に対する屈折率、である。

【0030】なお、非球面の面形状を表すx、基準球面の面形状を表すx0は、具体的には以下の式(AS)、(RE)でそれぞれ表される。

$$x = [C0 \cdot y^2] / [1 + \sqrt{(1 - \epsilon \cdot C0^2 \cdot y^2)}] + \sum (Ai \cdot y^i) \quad \cdots (AS)$$

$$x_0 = [C0 \cdot y^2] / [1 + \sqrt{(1 - C0^2 \cdot y^2)}] \quad \cdots (RE)$$

ただし、式(AS)及び(RE)中、

y：光軸(AX)に対して垂直方向の高さ、

C0：基準球面の曲率(すなわち非球面の基準曲率)、

ε：2次曲面パラメータ、

Ai：i次の非球面係数、

である。

【0031】条件式(6)は、非球面が第2レンズ群(Gr2)の負のパワーを弱めるような形状であることを意味している。つまり、正のパワーの面ならば正のパワーを強める形状であり、負のパワーの面ならば負のパワーを弱める形状であることを意味している。この条件式(6)を満たすことにより、主に広角側の近接時での歪曲収差及び像面湾曲を適切に補正することができる。条件式(6)の下限を超えると、広角側、特に近接時での正の歪曲収差が大きくなるとともに、像面のオーバー側への倒れが大きくなる。逆に、条件式(6)の上限を超えると、広角側、特に近接時での負の歪曲収差が大きくなるとともに、像面のアンダー側への倒れが大きくなる。なお、第

2レンズ群(Gr2)に非球面が複数面ある場合、少なくとも1面が上記条件式(6)を満足していれば、他の非球面は他の収差との兼ね合いで上記条件式(6)を満足していなくてもかまわない。

【0032】第3レンズ群(Gr3)には、以下の条件式(7)を満足する非球面を少なくとも1面設けることが望ましい。

$$-0.9 < (x-x_0)/(N'-N) < 0 \quad \cdots (7)$$

【0033】条件式(7)は、非球面が第3レンズ群(Gr3)の正のパワーを弱めるような形状であることを意味している。この条件式(7)を満たすことにより、主に広角側での歪曲収差及び像面湾曲、並びに望遠側での球面収差を適切に補正することができる。条件式(7)の下限を超えると、広角側での正の歪曲収差が大きくなるとともに、像面のオーバー側への倒れが大きくなる。また、望遠側での球面収差のオーバー傾向が著しくなる。逆に、条件式(7)の上限を超えると、広角側での負の歪曲収差が大きくなるとともに、像面のアンダー側への倒れが大きくなる。また、望遠側での球面収差のアンダー傾向が著しくなる。なお、第3レンズ群(Gr3)に非球面が複数面ある場合、少なくとも1面が上記条件式(7)を満足していれば、他の非球面は他の収差との兼ね合いで上記条件式(7)を満足していなくてもかまわない。

【0034】なお、第1～第3の実施の形態を構成している各レンズ群は、入射光線を屈折により偏向させる屈折型レンズのみで構成されているが、これに限らない。例えば、回折により入射光線を偏向させる回折型レンズ、回折作用と屈折作用との組み合わせで入射光線を偏向させる屈折・回折ハイブリッド型レンズ等で、各レンズ群を構成してもよい。また、各実施の形態のズームレンズは、デジタルスチルカメラに適したものとなっているが、カメラ用の光学系に限らない。その特徴的な構成は、カメラ以外の光学装置に使用されるズームレンズやズーム光学系の一部(例えば、アフォーカル系の対物部)等に対しても適用可能である。

【0035】

【実施例】以下、本発明を実施したズームレンズの構成を、コンストラクションデータ、収差図等を挙げて、更に具体的に説明する。なお、以下に挙げる実施例1～3は、前述した第1～第3の実施の形態にそれぞれ対応しており、第1～第3の実施の形態を表すレンズ構成図(図1～図3)は、対応する実施例1～3のレンズ構成をそれぞれ示している。

【0036】各実施例のコンストラクションデータにおいて、ri(i=1, 2, 3, ...)は物体側から数えてi番目の面の曲率半径、di(i=1, 2, 3, ...)は物体側から数えてi番目の軸上面間隔を示しており、Ni(i=1, 2, 3, ...), vi(i=1, 2, 3, ...)は物体側から数えてi番目の光学要素のd線に対する屈折率(Nd), アッペ数(vd)を示している。また、コンストラクションデータ中、ズーミングにおいて変化する

る軸上面間隔(可変間隔)は、広角端(短焦点距離端)[W]～ミドル(中間焦点距離状態)[M]～望遠端(長焦点距離端)[T]での各レンズ群間の軸上空気間隔である。各焦点距離状態[W], [M], [T]に対応する全系の焦点距離 f 及びFナンバーFNOを併せて示し、フォーカシングに伴って変化する間隔の近接時(撮影距離: $D=0.5m$)の値を表1に示す。

【0037】また、曲率半径 r_i に*印が付された面は、非球面で構成された面であることを示し、非球面の面形状を表わす前記式(AS)で定義されるものとする。非球面データ及び非球面に関する条件式(6), (7)の対応値[ただし、 y_{max} : 非球面の光軸(AX)に対して垂直方向の最大高さ(最大有効半径)である。]を他のデータと併せて示し、条件式(1)～(5)の対応値を表2に示す。

【0038】

《実施例1》

$f=5.3 \sim 9.2 \sim 15.3$

FNO=3.30~3.65~4.10

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッベ数]

$r1= 19.548$

$d1= 0.750$ $N1= 1.84666$ $\nu 1= 23.82$

$r2= 12.627$

$d2= 0.424$

$r3= 12.949$

$d3= 3.840$ $N2= 1.78831$ $\nu 2= 47.32$

$r4= 68.620$

$d4= 0.650 \sim 7.421 \sim 13.724$

$r5= 14.638$

$d5= 0.550$ $N3= 1.77250$ $\nu 3= 49.77$

$r6= 3.518$

$d6= 1.624$

$r7*= 8.933$

$d7= 0.600$ $N4= 1.51728$ $\nu 4= 69.43$

$r8*= 5.252$

$d8= 0.100$

$r9= 6.219$

$d9= 1.178$ $N5= 1.84666$ $\nu 5= 23.82$

$r10= 11.985$

$d10= 5.849 \sim 2.988 \sim 0.775$

$r11= \infty$ (絞りS)

$d11= 1.626 \sim 0.815 \sim 0.500$

$r12*= 3.502$

$d12= 2.335$ $N6= 1.77250$ $\nu 6= 49.77$

$r13= -27.481$

$d13= 0.500$ $N7= 1.84666$ $\nu 7= 23.82$

$r14*= 5.124$

$d14= 2.140$

$r15*= 6.856$

$d15= 1.724$ $N8= 1.51728$ $\nu 8= 69.43$

$r16*= -25.070$

$d16= 0.500 \sim 1.312 \sim 1.626$

$r17= \infty$

$d17= 3.400$ $N9= 1.51680$ $\nu 9= 64.20$

$r18= \infty$

40 【0039】[第7面($r7$)の非球面データ]

$\epsilon = 1.0000$

$A4= -0.39268 \times 10^{-2}$

$A6= 0.11553 \times 10^{-3}$

$A8= -0.10236 \times 10^{-4}$

【0040】[第8面($r8$)の非球面データ]

$\epsilon = 1.0000$

$A4= -0.57733 \times 10^{-2}$

$A6= 0.40454 \times 10^{-4}$

$A8= -0.10497 \times 10^{-4}$

50 【0041】[第12面($r12$)の非球面データ]

13

$\varepsilon = 1.0000$
 $A4 = 0.72770 \times 10^{-4}$
 $A6 = -0.67979 \times 10^{-4}$
 $A8 = 0.38557 \times 10^{-4}$
 $A10 = -0.31870 \times 10^{-5}$

【0 0 4 2】[第 1 4 面(r14)の非球面データ]

$\varepsilon = 1.0000$
 $A4 = 0.46756 \times 10^{-2}$
 $A6 = 0.12070 \times 10^{-2}$
 $A8 = -0.21457 \times 10^{-3}$
 $A10 = 0.93588 \times 10^{-4}$

【0 0 4 3】[第 1 5 面(r15)の非球面データ]

$\varepsilon = 1.0000$
 $A4 = -0.40002 \times 10^{-2}$
 $A6 = -0.36486 \times 10^{-3}$
 $A8 = -0.16556 \times 10^{-5}$
 $A10 = -0.96863 \times 10^{-5}$
 $A12 = 0.74247 \times 10^{-6}$

【0 0 4 4】[第 1 6 面(r16)の非球面データ]

$\varepsilon = 1.0000$
 $A4 = -0.17769 \times 10^{-2}$
 $A6 = -0.40970 \times 10^{-3}$
 $A8 = -0.16828 \times 10^{-4}$

【0 0 4 5】[第 7 面(r7)の条件式(6)の対応値]

$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00000$
 $y=0.20y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.00069$
 $y=0.40y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.01076$
 $y=0.60y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.05285$
 $y=0.80y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.16337$
 $y=1.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.40229$

【0 0 4 6】[第 8 面(r8)の条件式(6)の対応値]

$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.00000$
 $y=0.20y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00081$
 $y=0.40y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.01299$
 $y=0.60y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.06568$
 $y=0.80y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.20968$
 $y=1.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.52824$

【0 0 4 7】[第 1 2 面(r12)の条件式(7)の対応値]

$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00000$
 $y=0.20y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00000$
 $y=0.40y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00002$
 $y=0.60y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00012$
 $y=0.80y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00083$
 $y=1.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00443$

【0 0 4 8】[第 1 4 面(r14)の条件式(7)の対応値]

$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.00000$
 $y=0.20y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.00009$
 $y=0.40y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.00148$
 $y=0.60y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.00843$
 $y=0.80y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.03141$

14

$y=1.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.10023$

【0 0 4 9】[第 1 5 面(r15)の条件式(7)の対応値]

$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00000$
 $y=0.20y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.00049$
 $y=0.40y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.00846$
 $y=0.60y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.04816$
 $y=0.80y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.18299$
 $y=1.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.57219$

【0 0 5 0】[第 1 6 面(r16)の条件式(7)の対応値]

10 $y=0.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = -0.00000$
 $y=0.20y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00036$
 $y=0.40y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.00705$
 $y=0.60y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.04724$
 $y=0.80y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.20716$
 $y=1.00y_{\max} \cdots (x-x0)/(N'-N) = 0.71572$

【0 0 5 1】

20

30

40

50

《実施例2》

f=5.1 ~12.0 ~29.5

FNO=2.99~ 3.70~ 4.10

[曲率半径] [軸上面間隔] [屈折率] [アッペ数]

r1= 44.211
 d1= 0.800 N1= 1.84666 ν 1= 23.82
 r2= 20.832
 d2= 4.029 N2= 1.77250 ν 2= 49.77
 r3= 152.768
 d3= 0.100
 r4= 18.249
 d4= 2.370 N3=1.77250 ν 3= 49.77
 r5 = 29.859
 d5= 0.600~9.233~17.240
 r6= 19.880
 d6= 0.650 N4= 1.77250 ν 4= 49.77
 r7= 4.408
 d7= 3.127
 r8*= -33.227
 d8= 0.700 N5= 1.77250 ν 5= 49.77
 r9= 9.480
 d9= 2.474 N6= 1.84666 ν 6= 23.82
 r10*=-1333.067
 d10= 8.204~4.166~0.500
 r11= ∞ (絞りS)
 d11= 3.409~1.347~0.500
 r12*= 5.418
 d12= 2.629 N7= 1.58913 ν 7= 61.11
 r13=2001.922
 d13= 0.600 N8= 1.84666 ν 8= 23.82
 r14*= 12.970
 d14= 0.100
 r15= 6.165
 d15= 2.296 N9= 1.51728 ν 9= 69.43
 r16= -43.950
 d16= 2.287
 r17*=-136.680
 d17= 2.017 N10=1.84666 ν 10=23.82
 r18*= 34.747
 d18= 0.990~3.052~3.899
 r19= ∞
 d19= 3.400 N11=1.51680 ν 11=64.20
 r20= ∞

【0052】[第8面(r8)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ A4=-0.55388 $\times 10^{-4}$ A6=-0.16191 $\times 10^{-4}$ A8= 0.40510 $\times 10^{-6}$

【0053】[第10面(r10)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ A4=-0.33736 $\times 10^{-3}$ A6=-0.13922 $\times 10^{-4}$ A8= 0.40165 $\times 10^{-8}$ A10= 0.15666 $\times 10^{-7}$

【0054】[第12面(r12)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ A4=-0.26629 $\times 10^{-3}$ A6=-0.23313 $\times 10^{-4}$ A8= 0.11344 $\times 10^{-5}$ 10 A10=-0.77653 $\times 10^{-7}$

【0055】[第14面(r14)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ A4= 0.15643 $\times 10^{-3}$ A6=-0.16402 $\times 10^{-4}$ A8= 0.96596 $\times 10^{-6}$ A10=-0.90812 $\times 10^{-7}$

【0056】[第17面(r17)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ A4=-0.53621 $\times 10^{-2}$ 20 A6=-0.20781 $\times 10^{-3}$ A8=-0.10253 $\times 10^{-4}$

【0057】[第18面(r18)の非球面データ]

 $\epsilon = 1.0000$ A4=-0.36893 $\times 10^{-2}$ A6=-0.34579 $\times 10^{-4}$ A8= 0.53608 $\times 10^{-5}$

【0058】[第8面(r8)の条件式(6)の対応値]

y=0.00ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00000$ y=0.20ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00001$ 30 y=0.40ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00023$ y=0.60ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00153$ y=0.80ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00631$ y=1.00ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.01915$

【0059】[第10面(r10)の条件式(6)の対応値]

y=0.00ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00000$ y=0.20ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00003$ y=0.40ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00046$ y=0.60ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00247$ y=0.80ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00834$ 40 y=1.00ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.02188$

【0060】[第12面(r12)の条件式(7)の対応値]

y=0.00ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00000$ y=0.20ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00006$ y=0.40ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00105$ y=0.60ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00593$ y=0.80ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.02127$ y=1.00ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.06061$

【0061】[第14面(r14)の条件式(7)の対応値]

y=0.00ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00000$ 50 y=0.20ymax $\cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00002$

$y=0.40y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.00031$
 $y=0.60y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.00130$
 $y=0.80y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.00291$
 $y=1.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.00241$
 【0062】[第17面(r17)の条件式(7)の対応値]
 $y=0.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=0.00000$
 $y=0.20y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.00040$
 $y=0.40y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.00659$
 $y=0.60y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.03517$
 $y=0.80y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.12014$
 $y=1.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.32580$
 【0063】[第18面(r18)の条件式(7)の対応値]
 $y=0.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=-0.00000$
 $y=0.20y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=0.00043$
 $y=0.40y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=0.00692$
 $y=0.60y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=0.03523$
 $y=0.80y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=0.11085$
 $y=1.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N)=0.26359$
 【0064】

《実施例3》

$f=5.1 \sim 12.0 \sim 29.4$

$FN0=2.45 \sim 3.25 \sim 4.10$

【曲率半径】 【軸上面間隔】 【屈折率】 【アッペ数】

$r1= 36.506$
 $d1= 0.800 \quad N1= 1.84666 \quad \nu 1= 23.82$
 $r2= 18.263$
 $d2= 3.461 \quad N2= 1.77250 \quad \nu 2= 49.77$
 $r3= 116.093$
 $d3= 0.100$
 $r4= 15.507$
 $d4= 2.015 \quad N3= 1.77250 \quad \nu 3= 49.77$
 $r5= 23.273$
 $d5= 0.600 \sim 6.636 \sim 13.695$
 $r6= 16.986$
 $d6= 0.650 \quad N4= 1.77250 \quad \nu 4= 49.77$
 $r7= 4.896$
 $d7= 4.993$
 $r8*= -16.744$
 $d8= 0.700 \quad N5= 1.77250 \quad \nu 5= 49.77$
 $r9= 11.152$
 $d9= 1.385 \quad N6= 1.84666 \quad \nu 6= 23.82$
 $r10*= -83.928$
 $d10= 9.195 \sim 4.073 \sim 0.500$
 $r11= \infty (\text{絞りS})$
 $d11= 4.500 \sim 1.922 \sim 0.500$
 $r12*= 5.436$
 $d12= 2.831 \quad N7= 1.58913 \quad \nu 7= 61.11$
 $r13= 542.947$
 $d13= 0.600 \quad N8= 1.84666 \quad \nu 8= 23.82$
 $r14*= 13.104$
 $d14= 0.100$
 $r15= 6.303$
 $d15= 2.384 \quad N9= 1.51728 \quad \nu 9= 69.43$
 $r16= -49.890$
 $d16= 2.198$
 $r17*= -150.630$
 $d17= 2.068 \quad N10= 1.84666 \quad \nu 10= 23.82$
 $r18*= 22.929$
 $d18= 0.800 \sim 3.378 \sim 4.800$
 $r19= \infty$
 $d19= 3.400 \quad N11= 1.51680 \quad \nu 11= 64.20$
 $r20= \infty$

【0065】[第8面(r8)の非球面データ]

$\epsilon = 1.0000$

$A4= 0.79563 \times 10^{-4}$

$A6= -0.12378 \times 10^{-4}$

$A8= 0.35869 \times 10^{-6}$

【0066】[第10面(r10)の非球面データ]

$\epsilon = 1.0000$

$$A4 = -0.12152 \times 10^{-3}$$

$$A6 = -0.10434 \times 10^{-4}$$

$$A8 = 0.23898 \times 10^{-6}$$

$$A10 = 0.44462 \times 10^{-9}$$

【0067】[第12面(r12)の非球面データ]

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = -0.24576 \times 10^{-3}$$

$$A6 = -0.23003 \times 10^{-4}$$

$$A8 = 0.11800 \times 10^{-5}$$

$$A10 = -0.72870 \times 10^{-7}$$

【0068】[第14面(r14)の非球面データ]

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = 0.15528 \times 10^{-3}$$

$$A6 = -0.15571 \times 10^{-4}$$

$$A8 = 0.92653 \times 10^{-6}$$

$$A10 = -0.74612 \times 10^{-7}$$

【0069】[第17面(r17)の非球面データ]

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = -0.53362 \times 10^{-2}$$

$$A6 = -0.18229 \times 10^{-3}$$

$$A8 = -0.78045 \times 10^{-5}$$

【0070】[第18面(r18)の非球面データ]

$$\varepsilon = 1.0000$$

$$A4 = -0.38215 \times 10^{-2}$$

$$A6 = -0.24077 \times 10^{-5}$$

$$A8 = 0.43712 \times 10^{-5}$$

【0071】[第8面(r8)の条件式(6)の対応値]

$$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00000$$

$$y=0.20y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00002$$

$$y=0.40y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00023$$

$$y=0.60y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00073$$

$$y=0.80y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00067$$

$$y=1.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00195$$

00195

【0072】[第10面(r10)の条件式(6)の対応値]

$$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00000$$

*

【フォーカシングに伴って変化する間隔の近接時(D=0.5μ)の値】

焦点距離 状態	実施例1		実施例2		実施例3	
	d4	d10	d5	d10	d5	d10
[W]	0.379	6.120	0.386	8.417	0.341	9.454
[M]	6.894	3.515	8.688	4.711	6.086	4.823
[T]	12.383	2.116	14.421	3.319	11.037	3.158

【0078】

【表2】

$$*y=0.20y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00002$$

$$y=0.40y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00033$$

$$y=0.60y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00189$$

$$y=0.80y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00680$$

$$y=1.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.01873$$

【0073】[第12面(r12)の条件式(7)の対応値]

$$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00000$$

$$y=0.20y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00013$$

$$y=0.40y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00237$$

$$10 \quad y=0.60y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.01398$$

$$y=0.80y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.05287$$

$$y=1.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.16749$$

【0074】[第14面(r14)の条件式(7)の対応値]

$$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00000$$

$$y=0.20y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00004$$

$$y=0.40y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00058$$

$$y=0.60y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00226$$

$$y=0.80y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00393$$

$$y=1.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00595$$

20 【0075】[第17面(r17)の条件式(7)の対応値]

$$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00000$$

$$y=0.20y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00050$$

$$y=0.40y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00828$$

$$y=0.60y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.04414$$

$$y=0.80y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.15062$$

$$y=1.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.40780$$

【0076】[第18面(r18)の条件式(7)の対応値]

$$y=0.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = -0.00000$$

$$y=0.20y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00055$$

$$30 \quad y=0.40y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.00874$$

$$y=0.60y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.04389$$

$$y=0.80y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.13554$$

$$y=1.00y_{\max} \cdots (x-x_0)/(N'-N) = 0.31409$$

【0077】

【表1】

*

	条件式(1)	条件式(2)	条件式(3)	条件式(4)	条件式(5)
	NI/fT	$B\textcircled{3}/B\textcircled{2}$	$ B2T $	$fW/f1$	$fW/ f2 $
実施例 1	0.53	0.64	0.64	0.145	0.712
実施例 2	0.30	0.49	0.94	0.144	0.785
実施例 3	0.15	0.69	0.95	0.158	0.776

【0079】図4～図9は実施例1～実施例3の収差図であり、図4、図6、図8は実施例1～実施例3の無限遠撮影状態での収差図、図5、図7、図9は実施例1～実施例3の近接撮影状態(撮影距離： $D=0.5m$)での収差図である。図4～図9中、[W]は広角端、[M]はミドル、[T]は望遠端における諸収差(左から順に、球面収差等、非点収差、歪曲、 Y' :像高)を示している。また、各収差図中、実線(d)はd線に対する収差、破線(SC)は正弦条件を表しており、破線(DM)と実線(DS)は、メリディオナル面とサジタル面でのd線に対する非点収差をそれぞれ表わしている。

【0080】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、コンパクト、低コスト、高変倍でありながら高い光学性能を有するズームレンズを実現することができる。そして、本発明に係るズームレンズを用いれば、無限遠被写体から近接被写体まで高画質の画像を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施の形態(実施例1)のレンズ構成図。

【図2】第2の実施の形態(実施例2)のレンズ構成図。

【図3】第3の実施の形態(実施例3)のレンズ構成図。

【図4】実施例1の無限遠撮影状態での収差図。

【図5】実施例1の近接撮影状態($D=0.5m$)での収差図。

【図6】実施例2の無限遠撮影状態での収差図。

【図7】実施例2の近接撮影状態($D=0.5m$)での収差図。

【図8】実施例3の無限遠撮影状態での収差図。

【図9】実施例3の近接撮影状態($D=0.5m$)での収差図。

【符号の説明】

20 Gr1 …第1レンズ群

Gr2 …第2レンズ群

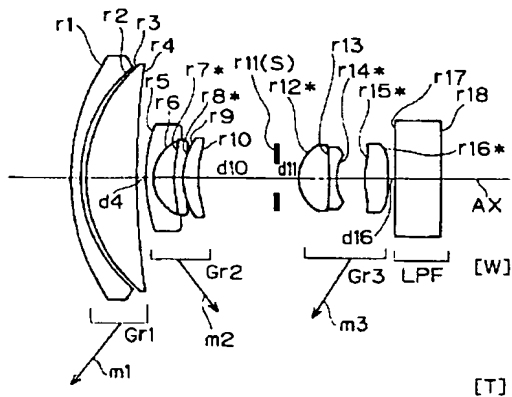
S …絞り

Gr3 …第3レンズ群

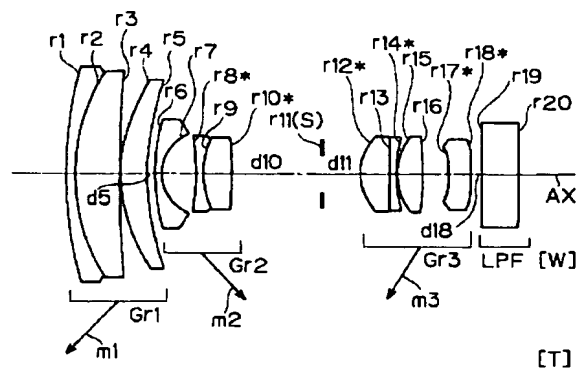
LPF …ローパスフィルター

AX …光軸

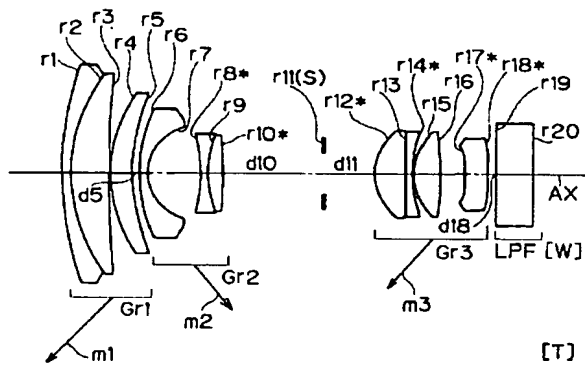
【図1】



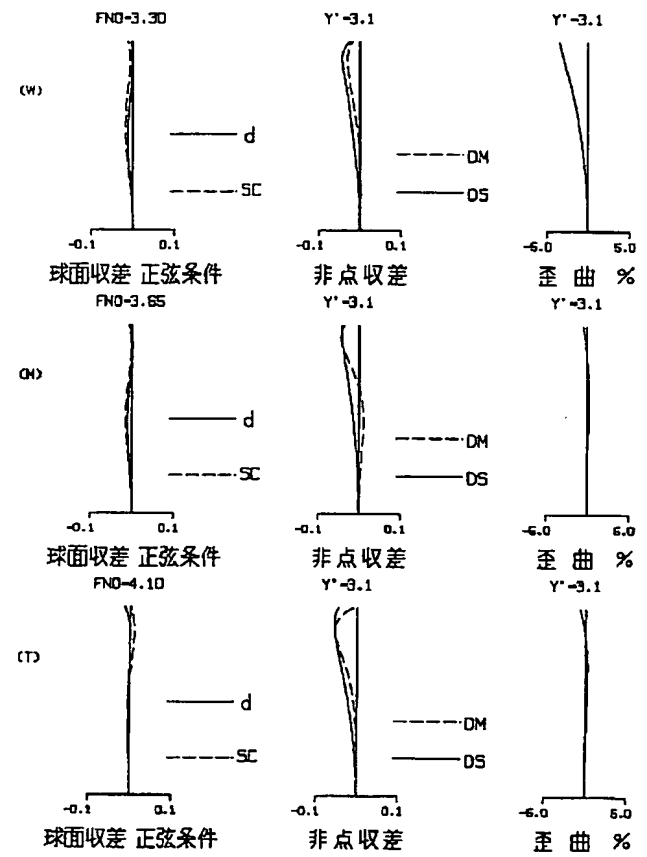
【図2】



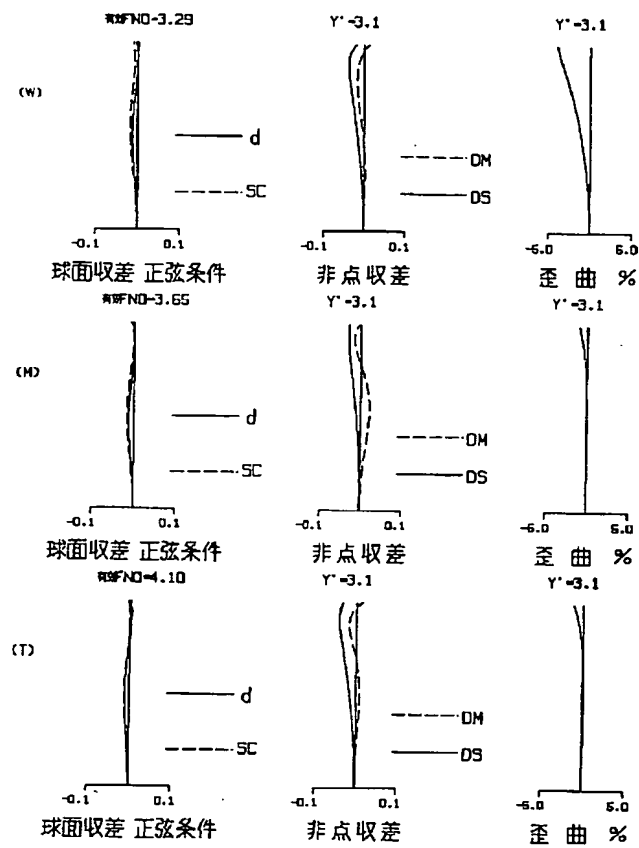
【図 3】



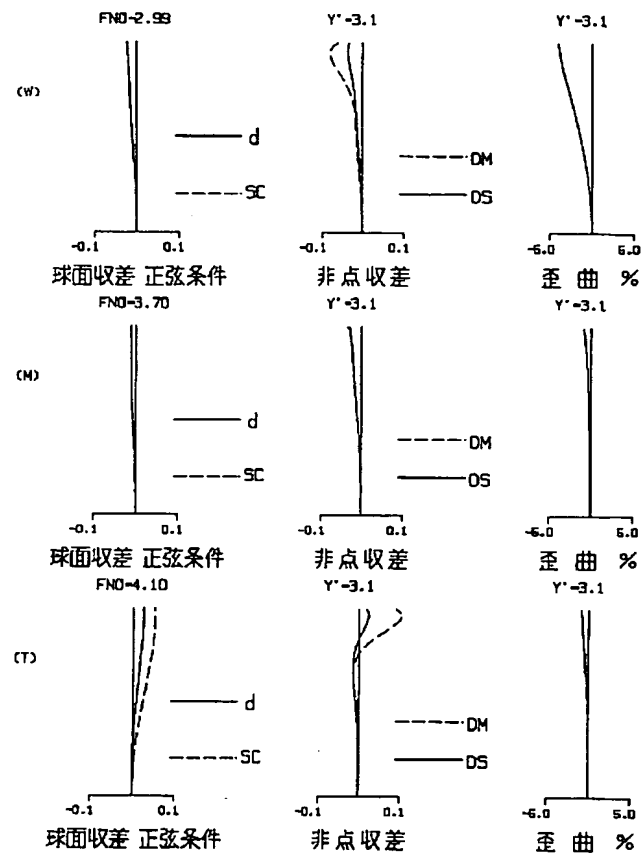
【図 4】



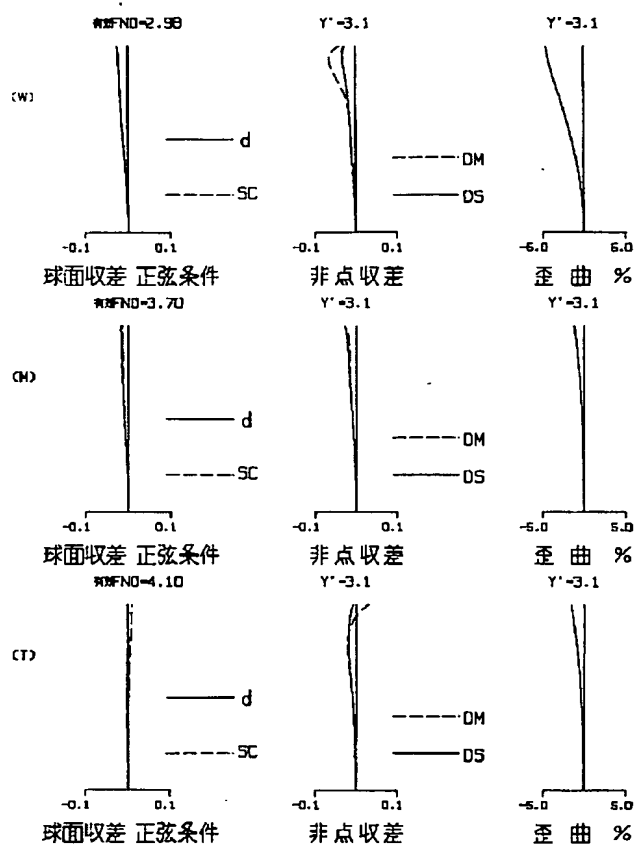
【図 5】



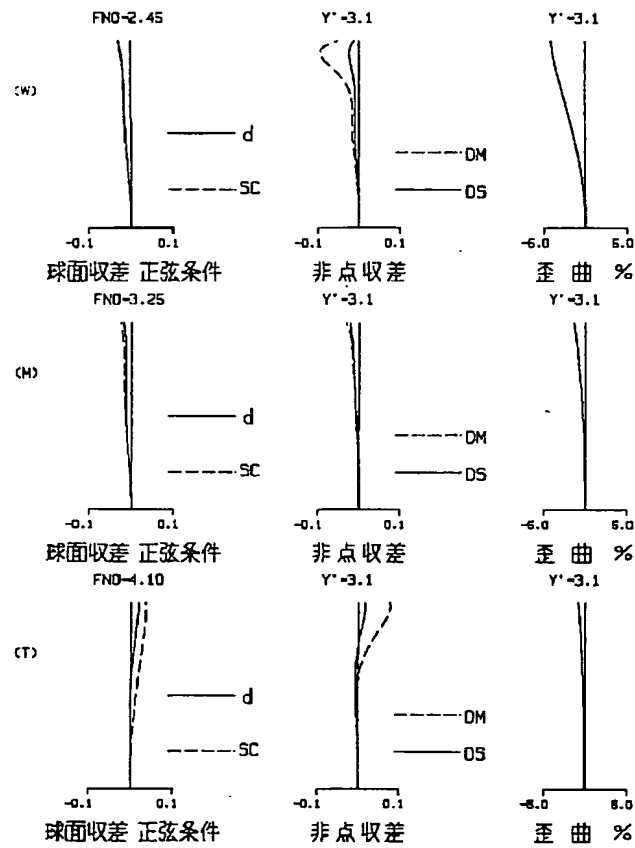
【図 6】



【図 7】



【図 8】



【図9】

